



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 60 287 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 100 60 287.8  
㉒ Anmeldetag: 5. 12. 2000  
㉔ Offenlegungstag: 7. 6. 2001

㉕ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 B 7/30**  
G 01 D 5/20  
G 01 L 3/10  
B 62 D 15/02  
// G 01 B 101:33,  
121:08

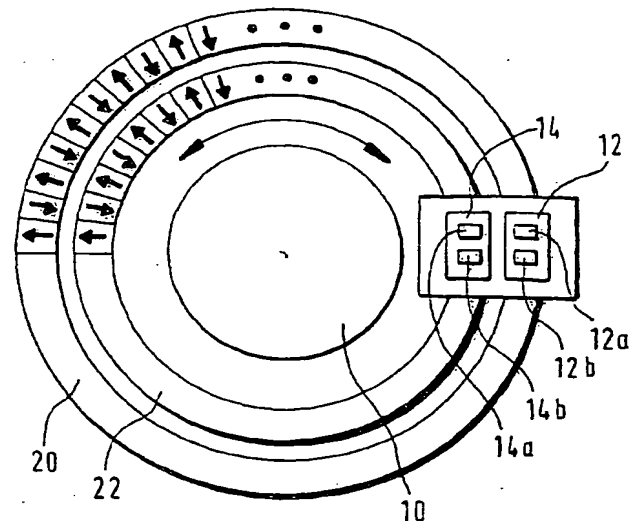
⑥⑥ Innere Priorität:  
199 58 598. 9 06. 12. 1999  
⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Erfinder wird später genannt werden

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Vorrichtung zur Messung des Winkels und/oder der Winkelgeschwindigkeit eines drehbaren Körpers und/oder des auf ihn wirkenden Drehmoments

⑤⑦ Erfindungsgemäß wird eine Vorrichtung zur Messung eines Winkels und/oder eines Drehmomentes an einem drehbaren Körper vorgeschlagen, wobei der Drehwinkel mittels magnetischen oder optischen Sensoren erfasst wird. Insbesondere werden in einer bevorzugten Ausführungsform zwei Einrichtungen (7, 8) vorgeschlagen, die jeweils zwei optisch lesbare Codespuren aufweisen. Die beiden Codespuren (1a, 1b bzw. 2a, 2b) einer Einrichtung (7 bzw. 8) sind gleichartig ausgebildet und gegeneinander versetzt angeordnet, so dass zugeordnete Sensoren (4) ein digitales Signal ausgeben. Aus dem Versatz der beiden digitalen Signale wird der Drehwinkel berechnet. In weiterer Ausgestaltung ist vorgesehen, zwischen den beiden Einrichtungen (7, 8) ein Torsionselement (5) mit einer bekannten Torsionssteifigkeit anzuordnen. Aus dem Differenzwinkel der beiden Einrichtungen (7, 8) lässt sich somit auch ein von dem drehbaren Körper (3) übertragenes Drehmoment berechnen. Die Vorrichtung wird vorzugsweise in der Lenkachse eines Kraftfahrzeugs verwendet.



DE 100 60 287 A 1

BEST AVAILABLE COPY

5 Die Erfindung betrifft allgemein eine Vorrichtung zur Messung des Winkels und/oder der Winkelgeschwindigkeit eines drehbaren Körpers, und insbesondere eine Vorrichtung zur Messung des Winkels und/oder der Winkelgeschwindigkeit eines drehbaren Körpers und/oder des auf ihn wirkenden Drehmoments.

Für viele Systeme, z. B. im Kfz-Bereich, ist eine sehr exakte Bestimmung eines Drehwinkels nötig. Eine spezifische Anwendung für solch eine Vorrichtung ist ein Lenkradwinkelgeber, wobei enorme Sicherheitsanforderungen bestehen.

10 Aus der DE-A-195 06 938 der Anmelderin ist eine Vorrichtung zur Messung des Winkels und/oder der Winkelgeschwindigkeit des drehbaren Körpers, insbesondere eines um mehr als 360° drehbaren Körpers gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, bekannt. Bei der bekannten Vorrichtung sind die ersten und zweiten Einrichtungen jeweils durch ein Zahnrad mit zugeordnetem Winkelsensor gebildet, wobei die beiden Zahnräder bei unterschiedlicher Zähnezahl mit einem Zahnrad in Eingriff stehen, welches an der Lenkradwelle montiert ist. Anhand eines modifizierten Noniusverfahrens  
15 kann somit der Winkel der Lenkachse aus der vorliegenden bestehenden Winkel- und/oder Phasendifferenz der zwei Zahnräder ermittelt werden. Diese Vorrichtung bietet somit den Vorteil, daß Mehrfachumdrehungen erfasst werden können, ist jedoch dahingehend nachteilig, dass die Erfassung unter Zwischenschaltung von Zahnrädern und somit nicht berührungslos erfolgt. Ferner ist der erforderliche Bauraum für solch eine Vorrichtung relativ hoch, so dass eine Integration, insbesondere an der Lenkachse, an der auch die Multi-Funktionsschalter untergebracht sind, nur schwer möglich ist.  
20 Schließlich ist zur Erfassung der einzelnen Drehwinkel eine aufwendige Auswertung unter Verwendung eines Arkus-Tangensverfahrens erforderlich.

Es sind ferner diverse Winkelsensoren bekannt, die auf einer berührungslosen Erfassung basieren. Diese sind jedoch generell nicht dazu geeignet, Winkel sehr genau zu erfassen. Auch diese Vorrichtungen und Verfahren erfordern aufwendige Auswerteschaltungen und Algorithmen oder verfügen alternativ über eine unzureichende Genauigkeit bzw. einen  
25 unzureichenden Meßbereich, wenn z. B. die Vorrichtung lediglich für kleine Winkel geeignet ist.

Es besteht daher Bedarf für eine verbesserte Vorrichtung zur Messung des Winkels und/oder der Winkelgeschwindigkeit eines drehbaren Körpers und des auf ihn wirkenden Drehmoments. Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine gattungsgemäße Vorrichtung, wie aus der DE-A-195 06 938 bekannt, mit zumindest ersten und zweiten Einrichtungen, die ansprechend auf eine Drehung des Körpers unterschiedliche Signale an eine Auswerteschaltung ausgeben, in  
30 solch einer Weise weiterzubilden, dass sie nur einen geringen Bauraum einnimmt, eine einfache Auswertung und Bestimmung des Winkels ermöglicht, wobei die Erfassung insgesamt berührungslos erfolgen sollte.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Insbesondere schlägt die Erfindung vor, dass bei der gattungsgemäßen Vorrichtung jeweils dem drehbaren Körper und einem ortsfesten Teil der Vorrichtung als Bestandteil jeder Einrichtung eine felderzeugende und/oder -verändernde bzw.  
35 eine auf das Feld ansprechende Anordnung zugeordnet ist. In dieser Weise stellt jede der Einrichtungen, die in unterschiedlicher Weise auf eine Drehung des Körpers ansprechen, ein Ausgangssignal bereit, welches berührungslos erfasst werden kann. Nachdem die Winkelmessung direkt an dem drehbaren Körper erfolgt, kann der Fehlereinfluß, bedingt durch die Toleranzen von bisher verwendeten Zahnrädern, vermieden werden. Verschleißfreier und geräuscharmer Betrieb ist vorteilhaft.

40 Vorteilhafterweise kann die auf das Feld ansprechende Anordnung eine felderzeugende und/oder -verändernde Anordnung enthalten, wodurch es möglich ist, die sich wechselseitig beeinflussenden oder beeinflussten Felder auszuwerten, um zu dem zu erfassenden Drehwinkel zu gelangen.

Um eine Unempfindlichkeit gegenüber Schwankungen des Abstandes zwischen den Bestandteilen der Vorrichtungen zu erzielen, ist es bevorzugt, dass zumindest ein Feldflußleitelement vorgesehen ist, insbesondere zur Bildung geschlossener Feldlinien. Auf diese Weise lassen sich außerdem Toleranzen und zeitlich bedingte Veränderungen der Felder einfacher handhaben, so ist z. B. die Polbreite bei der Verwendung von Magneten unkritischer.

Vorteilhafterweise stellt zumindest eine der felderzeugenden und/oder -verändernden Anordnungen ein sich periodisch veränderndes Feld, insbesondere ein elektrisches und/oder Magnetfeld bereit. Durch ein sich periodisch veränderndes Feld kann die Erfassungsgenauigkeit bei entsprechender Ausbildung der Sensoren erhöht werden, wobei insbesondere auch minimale Winkelschritte durch ein sich periodisch veränderndes Magnetfeld genauer bestimmt werden können. Generell wächst die Genauigkeit mit der Polpaarzahl.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist zumindest eine der felderzeugenden und/oder -verändernden Anordnungen peripher umlaufend bezüglich dem drehbaren Körper ausgebildet, insbesondere an diesem festgelegt oder in diesem integriert. Diese bevorzugte Ausführungsform ermöglicht eine Vorrichtung, die lediglich minimale Raumanforderungen stellt, so dass sie einfach als Lenkwinkelgeber eingesetzt werden kann.

Zumindest eine der felderzeugenden und/oder -verändernden Anordnungen kann ein radiales Feld, z. B. Magnetfeld, elektrisches Feld oder auch ein Elektromagnetfeld bilden. In diesem Fall könnten die Sensoren radial bezüglich des sich drehenden Körpers vorgesehen sein.

60 Alternativ ist es auch möglich, dass zumindest eine der felderzeugenden und/oder -verändernden Anordnungen ein axiales Feld bildet, wobei eine entsprechende Positionierung der Erfassungssensoren vorzunehmen ist.

Vorteilhafterweise sind zumindest zwei felderzeugende und/oder -verändernde Anordnungen vorgesehen, die unterschiedliche Felder bilden, insbesondere eine unterschiedliche Feldpolzahl definierend, wobei diese insbesondere um eins unterschiedlich sein kann. Durch das Bereitstellen von zwei felderzeugenden und/oder -verändernden Anordnungen  
65 kann eine vollständige Entkopplung erfolgen, insbesondere wenn zwei separate Erfassungsanordnungen an entsprechenden Orten ausgebildet sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist zumindest eine der felderzeugenden und/oder -verändernden Anordnungen als Multi-Polrad bzw. Multi-Polring ausgebildet. Ein Multi-Polrad oder -Ring ist eine Anordnung aus Polen, die in-

verse Pole alternierend aufweisen oder auch felderzeugende und nichtfelderzeugende bzw. feldbeeinflussende und nichtfeldbeeinflussende Abschnitte abwechselnd enthalten.

Die feldverändernde Anordnung kann vorteilhafterweise die Form einer Stanz-, Schlitz- oder Lochscheibe bzw. eines Stanz-, Schlitz- oder Lochringes annehmen, abhängig davon, ob radiale oder axiale Felder verwendet werden.

Damit jede der Einrichtungen ein möglichst einfach auszuwertendes, möglichst lineares Ausgangssignal bereitstellt, kann zumindest eine der auf das Feld ansprechenden Anordnungen zumindest zwei Feldsensoren, die Sinus- oder asinusförmige Ausgangssignale liefern enthalten, insbesondere um eine Viertelperiode des durch die entsprechende felderzeugende und/oder -verändernde Anordnung gebildeten periodischen Feldes beabstandet. Wie vorangehend kann es sich bei dem Feld um ein elektrisches Feld, ein Magnetfeld oder auch ein beliebiges elektromagnetisches Feld handeln.

Vorteilhafterweise sind die Sensoren in diesem Fall in einer Brückenschaltung, insbesondere einer Wheatstoneschen Brückenschaltung verschaltet und geben ihre Signale an diese ab. Durch die Brückenschaltung kann eine Differenzbildung erzielt werden, wobei die Verwendung von Elementen mit linearer Kennlinie zusätzlich dazu führt, dass der ausgegebene jeweilige Winkelwert direkt ohne Verwendung eines komplexen Arkus-Tangensverfahrens ermittelt werden kann.

Bei einer insbesondere bevorzugten Ausführungsform ist jeder Sensor einer Einrichtung in einer Teilbrückenschaltung, insbesondere einer Halbbrücke der Brückenschaltung, verschaltet.

Schließlich ist es bevorzugt, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung als Lenkradwinkelgeber verwendet wird, wobei zumindest zwei felderzeugende und/oder -verändernde Anordnungen als Feldpolcodespuren, insbesondere magnetische Codespuren, der Lenkwelle zugeordnet sind.

Als erfindungswesentlich für die Messung eines Winkels und/oder eines Drehmomentes wird eine alternative Ausführungsform vorgesehen, die mit Hilfe von ersten und zweiten optischen Einrichtungen einen Drehwinkel gegenüber den feststehenden Sensoren erfasst. Als besonders vorteilhaft wird angesehen, dass die optischen Einrichtungen an dem drehbaren Körper, in diesem Fall der Lenkachse eines Kraftfahrzeugs, angebracht sind. Die beiden Einrichtungen weisen im Wesentlichen zwei optisch abtastbare Codespuren auf, wobei jeder Codespur ein optischer Sensor zugeordnet ist. Die optische Abtastung hat den Vorteil, dass die Lichtstrahlen einfacher erfassbar sind und von elektromagnetischen Störfeldern nicht beeinflusst werden können. Zudem lässt sich das optisch abgetastete Signal mittels eines Fotosensors sehr einfach in ein elektrisches Signal umwandeln. Auch ist vorteilhaft, dass durch die optische Abtastung ein digitales Ausgangssignal erreicht wird, aus dem sich Winkel oder Winkeländerungen mit hoher Genauigkeit und großer Unempfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen bestimmen lassen.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen Vorrichtung möglich. Insbesondere wird durch eine Vielzahl von optisch erkennbaren Markierungen das Codesignal in digitaler und gleichförmiger Form erfasst, so dass durch einfachen Phasenvergleich zwischen zugeordneten Codespuren der Drehwinkel bestimmbar ist.

Günstig ist auch, dass die Felder der Markierungen bezüglich ihrer Lichtintensität, Farbe und/oder Größe unterscheidbar sind. Insbesondere bei angrenzenden Hell-Dunkelfeldern ergeben sich eindeutige Hell-Dunkel-Übergänge, die aufgrund des steilen Spannungssprunges des elektrischen Signales erkennbar sind. Dadurch ergibt sich eine eindeutige Abgrenzung, die weitgehend störsicher ist.

Der Kontrast zwischen den Hell-Dunkelfeldern bzw. an den Hell-Dunkel-Übergängen lässt sich noch dadurch verbessern, dass die Markierungen mittels eines Leuchtkörpers angestrahlt werden. Dies ergibt insbesondere bei gleichartig ausgebildeten Spuren einer Einrichtung zwei unterschiedliche Signalfolgen, die eine besonders einfache Winkelbestimmung, beispielsweise mit Hilfe eines klassischen oder modifizierten Nonius-Verfahrens ermöglicht. Dazu wird vorteilhaft die Anzahl der Markierungen von benachbarten Spuren einer Einrichtung unterschiedlich gewählt, um eine über den Umfang der Drehachse veränderbare Phasenverschiebung zu erreichen.

Bei geeigneter Wahl der Anzahl der Markierungen einer Spur als auch durch eine entsprechende Ausbildung der Markierungen lässt sich das Nonius-, insbesondere das modifizierte Nonius-Verfahren zur Winkelbestimmung anwenden. Die Messgenauigkeit wird vorteilhaft dadurch erhöht, dass die Ergebnisse der Messungen aus den Codespuren erneut mit dem modifizierten Nonius-Verfahren korrigiert werden.

In solchen Fällen, in denen auch ein Drehmoment bestimmt werden soll, wird zwischen den beiden Einrichtungen ein Torsionselement mit bekannter Torsionssteifigkeit verwendet. Werden dann sowohl bei der ersten als auch bei der zweiten Einrichtung die Drehwinkel gemessen, dann kann aus der Differenz der beiden Winkel und der bekannten Torsionssteifigkeit das Drehmoment vorteilhaft bestimmt werden. Auf diese Weise sind mit der erfindungsgemäßen Einrichtung zwei Parameter gleichzeitig messbar.

Vorzugsweise werden die Markierungen der beiden Einrichtungen so gewählt, dass auf die jeweiligen Messergebnisse das klassische oder modifizierte Noniusverfahren erneut angewendet werden kann. Damit erhöht sich die Meßgenauigkeit und/oder der Meßbereich der Einrichtung, ohne dass weitere Einrichtungen erforderlich sind.

Um die optischen Einrichtungen gegen mögliche Verschmutzungsgefahren im Kraftfahrzeug zu sichern, erscheint eine umschließende Kapselung für die Vorrichtung als besonders vorteilhaft.

Eine vorteilhafte Verwendung der Vorrichtung wird bei einer Lenkachse eines Kraftfahrzeugs gesehen, um den Drehwinkel und/oder das Drehmoment zu messen. Diese Größen können für weitere Fahrzeugfunktionen genutzt werden, die beispielsweise für die Bestimmung der dynamischen Fahrzeugstabilität, zur Unterstützung der Lenkkraft und/oder der Navigation benötigt werden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, dass mit der erfindungsgemäßen Lösung eine einfache Erfassung von Winkeln und/oder Winkelgeschwindigkeiten eines drehbaren Körpers gegeben ist, welche auch eine Drehmomentmessung umfasst, wobei die Auswerteschaltung einfach konzipiert sein kann und der erforderliche Bauraum zur Implementierung der Vorrichtung sehr gering ist.

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden rein beispielhaften Beschreibung einiger bevorzugter Ausführungsformen, wobei die Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen erfolgt.

**Fig. 1** zeigt einen Lenkradwinkelgeber gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in systematischer Aufsicht (**Fig. 1A**), in einer tangentialen Schnittansicht (**Fig. 1B**) und in radialen Schnittansichten bei unterschiedlichen winkelmäßigen Positionen (**Fig. 1C** und **1D**)

**Fig. 2** zeigt eine Variante zu der in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsform in entsprechender Darstellung, wobei anstelle der in **Fig. 1** verwendeten felderzeugenden Einrichtungen feldverändernde Einrichtungen implementiert sind.

**Fig. 3** zeigt noch eine weitere Lenkradwinkelgebervorrichtung als dritte bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei welcher ein radiales Feld statt dem in den **Fig. 1** und **2** verwendeten axialen Feld zum Einsatz kommt.

**Fig. 4** ist eine Ausführungsvariante zu **Fig. 3**, wobei wie bei **Fig. 2**, feldverändernde Einrichtungen statt felderzeugende Einrichtungen zum Einsatz kommen.

**Fig. 5** zeigt eine weitere Ausführungsvariante zur **Fig. 3**, in unterschiedlichen Winkelpositionen (**Fig. 5A**, **Fig. 5B**), wobei eine felderzeugende Anordnung als feldverändernde Anordnung dient.

**Fig. 6** stellt schematisch die Positionserfassung bei der in **Fig. 5** gezeigten Ausführungsform unter Verwendung von Feldflußleitelementen dar.

**Fig. 7** stellt eine Ausführungsform eines kombinierten Lenkwinkel-/Lenkmomentsensors (schematisch) dar.

**Fig. 8** stellt eine weitere Ausführungsform eines kombinierten Lenkwinkel-/Lenkmomentsensors (schematisch) dar.

**Fig. 9** zeigt verschiedene Bauformen der Sensoren nach **Fig. 7** oder **8**, wobei auch mehrere Sensoren pro Magnetspur zwecks Mittelung vorhanden sein können.

**Fig. 10** zeigt die Auswertung der Signale eines kombinierten Lenkwinkel-/Lenkmomentsensors.

**Fig. 11** zeigt eine optische Vorrichtung mit zwei übereinander angeordneten optischen Einrichtungen mit jeweils zwei Codespuren und vier Sensoren.

### Beschreibung

In der folgenden Beschreibung wird maßgeblich auf ausschließlich Magnetfelder und bei der in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsform auf ein elektrisches Feld Bezug genommen; der Fachmann sollte jedoch erkennen, dass auch beliebige Kombinationen, d. h. beliebige elektromagnetische Felder zum Einsatz kommen können. Beispielhaft könnten als Feldpole statt Magneten Leuchtdioden verwendet werden, deren emittiertes Feld mittels entsprechender optoelektronischer Sensoren erfasst werden kann.

Die in **Fig. 1** dargestellte Ausführungsform umfasst eine an der Lenkachse **10** montierte Scheibe, an der Codespuren **20**, **22** vorgesehen sind. Jede der Codespuren **20**, **22** umfasst eine Vielzahl von alternierend angeordneten Permanentmagneten, wie es durch die Pfeile mit unterschiedlicher Ausrichtung angedeutet ist. Die beiden Codespuren **20**, **22** verfügen über eine unterschiedliche Aufteilung, wobei besonders vorteilhaft eine möglichst geringe Differenz vorliegen sollte, wie z. B. ein Unterschied von lediglich einem Polpaar. In der gezeigten Ausführungsform enthält eine der Spuren **20**, **22** eine Teilung von  $n$ -Polpaaren, während die andere Teilung von  $n + 1$ -Polpaaren umfasst. Bei einer Drehung des drehbaren Körpers **10**, hier der Lenkachse, werden bei der gezeigten Ausführungsform somit die Codespuren **20**, **22** um einen entsprechenden Winkel verdreht. An einem ortsfesten Teil der Vorrichtung sind über jeder der Codespuren **20**, **22** Sensoranordnungen **12** und **14** bereitgestellt. Durch die Sensoranordnung **12**, **14** kann somit die relative Position der darunterliegenden Magnetcodespur **20** bzw. **22** erfasst werden.

Die abtastenden Sensorelemente können übliche Sinus-/Cosinus-Signale erzeugende Messelemente, z. B. AMR-, GMR-Hallsensoren sein. Der Auswertalgorithmus kann nach dem Arcus-Tangens-Verfahren erfolgen.

Bei der gezeigten Ausführungsform umfasst jede der Sensoranordnungen **12**, **14** zwei Sensoren **12a**, **12b** bzw. **14a**, **14b**. Die jeweilig paarweise vorgesehenen Sensoren **12a** und **12b** bzw. **14a** und **14b** sind vorteilhafterweise um eine Viertel- oder Achtel-Periode des durch die Codespuren **20**, **22** gebildeten sich periodisch verändernden Magnetfeldes beabstandet. Ein solcher Abstand ermöglicht es, die Sensoren jeweils als Halbbrücke einer Wheatstoneschen-Brückenschaltung zu schalten, so dass eine einfache Auswerteschaltung realisiert werden kann, da einerseits eine Differentsbildung erfolgt, und andererseits bei Verwendung von Elementen mit im wesentlichen linearer Kennlinie ein unmittelbar auswertbares annähernd lineares Winkelsignal bereitgestellt wird.

Die somit erfassten winkelmäßigen Positionen können miteinander in Bezug gesetzt werden, so dass sich unter Verwendung des allgemein bekannten Noniusverfahrens oder besser unter Verwendung eines modifizierten Nonius-Verfahrens oder einer Kombination beider Verfahren der reale Winkel des drehbaren Körpers **10** bestimmt werden kann. In der Druckschrift DE-A-195 06 938 ist das erweiterte Noniusverfahren beschrieben, so dass dieses Verfahren nicht näher erläutert werden muß.

Obwohl an der gezeigten Ausführungsform sich die felderzeugenden Teile einer jeweiligen Einrichtung bewegen, wird der Fachmann erkennen, dass eine entsprechende Umkehr ebenfalls denkbar ist, bei welcher die Sensoranordnungen sich mit dem drehbaren Körper bewegen, während die Codespuren ortsfest umlaufend bezüglich des drehbaren Körpers vorgesehen sind.

Die insbesondere vorteilhafte Beabstandung zwischen zwei Sensoren **12a**, **12b** bzw. **14a**, **14b** lässt sich im Detail aus der Tangential-Schnittansicht von **Fig. 1B** erkennen.

Schließlich ist es aus den Schnittansichten der **Fig. 1C** und **D** zu erkennen, wie die jeweiligen Codespuren bei unterschiedlichen Positionen bezüglich der Sensoranordnungen bei unterschiedlichen Winkeln des sich drehenden Körpers vorliegen.

Bei der in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsform wird anstelle der Magnetspuren eine feldverändernde Einrichtung verwendet, die ebenfalls Codespuren **24**, **26** definiert. Die Wirkungsweise und der generelle Aufbau ist ähnlich zu **Fig. 1**, so dass eine wiederholte Beschreibung hier nicht erfolgen soll. Es ist jedoch zu erwähnen, dass in der gezeigten Ausführungsform ein ortsfester Permanentmagnet **28** unterhalb der Scheibe positioniert ist, die sich mit dem drehbaren Körper **10** bewegt und Codespuren **24**, **26** enthält. In der gezeigten Ausführungsform sind die Codespuren durch einfache Aussparungen ausgebildet, der Fachmann sollte jedoch erkennen, dass hier verschiedenste Möglichkeiten zum Einsatz kom-

men können. So wäre es z. B. denkbar, statt der einfachen Aussparungen Bereiche mit einer unterschiedlichen magnetischen Permeabilität vorzusehen. Bei Verwendung anderer als magnetischer Felder wäre eine entsprechende Ausgestaltung unter Berücksichtigung unterschiedlicher dielektrischer Eigenschaften, optischer Eigenschaften oder kombinierter dielektrischer und magnetischer Permeabilitätseigenschaften denkbar.

In Fig. 3 ist eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, bei welcher die Codespuren 20, 22 nicht an einer Scheibe angeordnet, sondern vielmehr unmittelbar in die Lenkachse 10 eingelassen sind. Somit stellen die Codespuren ein sich radial periodisch veränderndes Feld, z. B. Magnetfeld, bereit, welches durch entsprechende angeordnete Sensoranordnungen 12, 14 erfasst werden kann. Die Auswertung erfolgt wie bei den vorangegangenen Ausführungsformen unter Verwendung des Nonius-Verfahrens, so dass die vorliegende Phasendifferenz zwischen den Erfassungssignalen zur Bestimmung des Gesamtdrehwinkels der Lenkachse verwendet werden kann. Auch bei derer Ausgestaltung umfasst jede Sensoranordnung 12, 14 zwei Sensoren, die um eine Viertelperiode  $\lambda/4$  des sich verändernden Feldes beabstandet sind, um eine einfache Auswertung zu ermöglichen.

In Fig. 4 ist eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, welche im wesentlichen die Prinzipien der in den Fig. 2 und 3 dargestellten Ausführungsformen kombiniert. Bei dieser Ausführungsform ist der sich drehende Körper 10 als hohler Tubus ausgebildet, in dessen Mitte als felderzeugende Einrichtung ein einfacher stromführender Draht oder auch ein Lichtwellenleiter angeordnet sein kann. Der sich drehende Körper 10 enthält zwei mit Aussparungen versehene Ringe, die wie vorangehend Codespuren 24, 26, bilden. Wie bei den anderen bisher beschriebenen Ausführungsformen sollte jeder der Codespuren eine unterschiedliche Aufteilung aufweisen, insbesondere eine Aufteilung, die um eins differiert, d. h. eine der Codespuren sollte eine Anzahl von  $n$ -Öffnungen aufweisen, während die andere eine Anzahl von  $n + 1$ -Aussparungen aufweist. Die Sensoren sind entsprechend der Ausführungsform von Fig. 3 angeordnet, um bei einer Drehung des sich drehenden Körpers 10 das sich jeweils verändernde Feld oberhalb einer jeweiligen Spur 24, 26 zu erfassen. Wie üblich wird mittels einer Auswerteschaltung und unter Anwendung des Nonius-Verfahrens aus der Differenz, insbesondere Phasendifferenz der zwei Signale, der gesamte Drehwinkel erfasst.

In den Fig. 5a und 5b ist schematisch eine der ersten und zweiten Einrichtungen dargestellt, die ansprechend auf die Drehung des Körpers 10 unterschiedliche Signale an eine nicht dargestellte Auswerteschaltung ausgeben. Bei der hier dargestellten Ausführungsform werden ähnlich wie bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform ringartige Magnetmultipolräder 20, 22 und 24, 26 verwendet, wobei der innere Multipolring, wie bei den vorangegangenen Ausführungsformen mit dem sich drehenden Körper 10 verbunden ist. Der äußere Magnetpolring 24, 26 ist drehbar bezüglich dem drehbaren Körper 10 und dem inneren Magnetpolring 20, 22 ausgebildet, so dass eine sich periodisch verändernde wechselseitige Beeinflussung der jeweiligen gebildeten Felder resultiert. Bei der in Fig. 5a dargestellten Position stehen sich jeweilige Magnetpole in solch einer Weise entgegen, dass sich die Felder im Wesentlichen aufheben. In der in Fig. 5b dargestellten winkelmäßigen Position sind die Pole in solch einer Weise angeordnet, dass sich die jeweiligen Feldstärken addieren.

In den Fig. 6a und 6b ist als weiterer Bestandteil der auf das Feld ansprechenden Anordnung eine Felddauswerteeinrichtung dargestellt, die vorliegend zwei Hall-Sensoren 12, 14 umfasst. Die durch die in Fig. 5 dargestellten Multipolringe erzeugten Felder werden durch Feldleitelemente 32, 34, 36 zu den Hall-Sensoren 12, 14 geleitet. Wie der Fachmann aus den Darstellungen der Fig. 6a, 6b erkennen wird, ist ein oberes Flussleiststück 32 vorgesehen, welches Feldlinien im Übergangsbereich zwischen den zwei Multipolringen 20, 22 und 24, 26 hin zu einem der Hall-Sensoren führt. Wie dargestellt, wird somit bei antiparalleler Polstellung, entsprechend der Darstellung von Fig. 5a im oberen Abschnitt geschlossene Feldliniengebildet, wobei ein T-Stück 36 als weiteres Feldflußleitelement hinter dem oberen Hall-Sensor 12, 14 vorgesehen ist. Nach einer Drehung des drehbaren Körpers hin zu einer Position, bei welcher die Pole der Multipolringe parallel vorliegen, wie es in Fig. 5b dargestellt ist, werden die Feldlinien durch das untere Feldflußleitelement 34 und das T-Stück 36 geschlossen, wobei zwischen dem T-Stück 36 und dem unteren Feldleitelement 34 ein weiterer Hall-Sensor angeordnet ist. Durch das Bereitstellen von zwei Hall-Sensoren in der dargestellten Weise kann unter Verwendung eines Differenzenprinzips eine Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen und Alterungen bereitgestellt werden, da das Ausgangssignal auf den Gesamtfluss normierbar ist. Der Fachmann sollte jedoch erkennen, dass diese Differenzenbildung rein optional ist. Wie auch bei den vorangegangenen Ausführungsformen kann eine Portierung auf beliebige andere Felder als Magnetfelder vorgesehen werden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung eine exakte und einfache Bestimmung des Winkels des drehbaren Körpers ermöglicht, wobei keinerlei Eingriff von z. B. Zahnrädern oder dergleichen nötig ist. Anders ausgedrückt, erfolgt eine einfache und exakte Winkelmessung oder auch Winkelgeschwindigkeitsmessung auf einer berührungslosen Basis unter Verwendung einfacher bekannter Bauteile, die wie erwähnt, vorteilhafterweise Elemente mit linearer Kennlinie enthalten sollten. Die unterschiedlichen Anpassungen auf unterschiedliche felderzeugende und/oder feldbeeinflussende Einrichtungen sollten dem Fachmann geläufig sein und bedürfen daher hierin keiner weiteren detaillierten Beschreibung. Nachdem auf bewegliche Teile vollständig verzichtet werden kann, ist die erfindungsgemäße Vorrichtung insbesondere zur Verwendung als Lenkradwinkelgeber geeignet, insbesondere da eine hohe Meßgenauigkeit bei minimalem erforderlichen Bauraum gegeben ist.

Obwohl die vorliegende Erfindung vorangehend vollständig und im Detail unter Bezugnahme auf derzeit bevorzugte rein illustrative Ausführungsformen beschrieben wurde, sollte der Fachmann erkennen, dass verschiedenste Modifikationen im Rahmen der durch die Ansprüche definierten Schutzzumfang möglich sind. Insbesondere sollte der Fachmann erkennen, dass einzelne Merkmale einer Ausführungsform beliebig mit anderen Merkmalen anderer Ausführungsformen kombinierbar sind. In diesem Zusammenhang wäre es z. B. auch denkbar, eine der Codespuren entsprechend einer Anordnung von Fig. 4 oder 5 vorzusehen, während die andere Codespur entsprechend einer Ausbildung nach den Fig. 1 oder 2 vorgesehen ist.

In den Fig. 7 bis 11 sind verschiedene Ausführungsformen von kombinierten Lenkwinkel-/Lenkmomentsensoren einschließlich der zugehörigen Auswerteverfahren dargestellt. Die Multipolräder werden jeweils von Sinus-/Cosinussignale liefernden Sensorelementen abgetastet. Die Auswertung der Ausgangssignale der Sensorelemente erfolgt nach dem mo-

difizierten Noniusverfahren bei dem folgendes zu beachten ist:

Übertragung des modifizierten Nonius-Prinzips auf die beschriebene Problematik (Fig. 1e):  
Bestimmung von  $\varphi$

$$\varphi = \alpha + i \frac{360^\circ}{n+1}$$

n: Anzahl Polpaare

$\alpha, \beta$ : Messwerte der Sensoren

i, j: unbekannt

$$\varphi = \beta + j \frac{360^\circ}{n}$$

Gleichsetzen und Umformen:

$$\frac{(\alpha - \beta)}{360^\circ} \cdot n \cdot (n+1) = j \cdot (n+1) - i \cdot n = \text{ganzzahlig},$$

mit  $i = j = k$

Daraus folgt:

$$\frac{(\alpha - \beta)}{360^\circ} \cdot n \cdot (n+1) = k,$$

wobei k ganzzahlig ist

$$\varphi = \frac{(\alpha + \beta)}{2} + k \cdot 180^\circ \cdot (1/(n+1) + 1/n)$$

In die Auswertung eingehende Fehler lassen sich durch spezielle Korrekturverfahren reduzieren, bei denen Prinzipien des klassischen und/oder des modifizierten Noniusprinzips berücksichtigt werden.

Mit den Sensoren nach Fig. 7 bzw. 8 kann zusätzlich zum Winkel auch noch das angreifende Moment, beispielsweise das Lenkmoment ermittelt werden.

Das angreifende Drehmoment beim Lenkvorgang bewirkt eine Verdrehung des in der Lenksäule integrierten Torsionsstabes.

Das obere Ende verdreht sich gegenüber dem unteren Ende um beispielsweise maximal  $\pm 5^\circ$ . Um das Lenkmoment zu erfassen, muss dieser relative Drehwinkel, der sog. Torsionswinkel, gemessen werden. Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder man bestimmt mit den unter 1) beschriebenen Verfahren jeweils den absoluten Lenkwinkel des oberen und des unteren Endes vom Torsionsstab. Die Differenz der beiden Winkel entspricht dann dem Torsionswinkel. Oder man misst ihn direkt über die relative Verschiebung zweier gleichcodierter Polräder, wovon eines am oberen, das andere am unteren Ende des Torsionsstabes angebracht ist. Hierzu sind wenigstens drei Polräder notwendig. In Abb. 9 sind diese Möglichkeiten zusammenfassend dargestellt.

#### Verschiedene Ausführungsformen

Polradkombinationen: Jedes Polrad kann dabei auch als magnetische Codespur betrachtet werden.  
Lenkwinkelerfassung mit

- zwei Polrädern deren Polpaarzahl teilerfremd ist, z. B. mit n und n + 1 Polpaaren; diese können auch als zwei Codespuren auf einem Polrad angebracht sein;
- drei Polrädern mit n – 1, n und n + 1 Polpaaren. Diese Kombination erhöht die Genauigkeit und schafft gleichzeitig Redundanz. Erweiterbar auf mehr Polräder mit entsprechenden Polpaarzahlen;
- Ergänzung um ein "dreipoliges" Polrad zur Bereichsunterscheidung bei Verwendung von Sensorelementen mit Eindeutigkeitsbereichen unter  $360^\circ$ ;
- Erweiterung des Messbereichs durch Polradanzahl > 2.

#### Lenkmomentenerfassung

- aus Absolutdifferenzbildung
- durch Relativwinkelmessung gleichcodierter Polräder

Für das Ausführungsbeispiel nach Fig. 8 wird nun detailliert beschrieben, wie die gleichzeitige Messung des Absolutwinkels und des Drehmomentes mit dem selben Messprinzip sowie einer minimalen Anzahl von Sensoren und Baugruppen erfolgen kann. Die beiden Größen werden berührungslos erfasst und eine Selbstdiagnose ist möglich. Ein Zugriff unterschiedlicher Systeme, beispielsweise über einen CAN-Bus (Controller Area Network) ist möglich.

Der Vorschlag bezieht sich z. B. zur gleichzeitigen Messung des Lenkwinkels und des Lenkdrehmomentes. Eine magnetische Messmethode wird als Messprinzip dargestellt. Der Vorschlag beschränkt sich jedoch nicht nur auf diese ma-

agnetische Methode. Jedes Prinzip-optisch, wirbelstrom, induktiv . . . , dass auf analogen Sinus-Cosinussignalen beruht, kann eingesetzt werden.

Wie der Fig. 7 entnehmbar ist, ist in der Lenkung ein Torsionsstab eingebaut, um der Drehwinkel und das Drehmoment zu messen. An dem einen Ende des Torsionsstabes T befinden sich zwei Multipolringe mit M und M + X magnetischen Polen. An dem anderen Ende befindet sich ein dritter Multipolring mit M magnetischen Polen. Über jedem Ring befindet sich ein Sensor (AMR, Hall, GMR, Feldplatte). Jeder Sensor liefert ein Sinus- und ein Cosinussignal, das vom mechanischen Winkel abhängt.

#### Messung des Lenkwinkels

Zur Messung des Lenkwinkels werden die an einem Ende liegenden Multipolringe und Sensoren herangezogen. Wenn X = 2 ist, kann man über das modifizierte Noniusverfahren den Absolutwinkel bestimmen. Dieses Verfahren ist hier einzusetzen und mit den Signalen S1 (Usin(1), Ucos(1)) und S2 (Usin(2), Ucos(2)) wird der Absolutwinkel berechnet.

#### Messung des Drehmomentes

Das Drehmoment wird über die Winkeldifferenz gemessen. Das Drehmoment ist proportional zur Winkeldifferenz im elastischen Messbereich des Torsionselementes. Die Winkeldifferenz wird über die zwei Signale S1 (Usin(1), Ucos(1)) und S3 (Usin(3), Ucos(3)) an den Torsionsenden erfasst.

Der Sensor liefert zwei Signale:

$$Usin(1) = A1 \cdot \sin(w1) + Osin(1)$$

$$Ucos(1) = A1 \cdot \cos(w1) + Ocos(1)$$

Der Sensor 3 liefert ebenfalls zwei Signale:

$$Usin(3) = A3 \cdot \sin(w3) + Osin(3)$$

$$Ucos(3) = A3 \cdot \cos(w3) + Ocos(3)$$

Wobei U die elektrischen Signale bei dem jeweiligen mechanischen Winkel w sind. A sind Amplituden und O die Offsetwerte der Sensoren. Durch die mechanische Drehung können die Amplituden und Offsets der vier Signale aus Maxima und Minima bestimmt werden. Eine alternative Methode zur Offsetbestimmung und Offsetabgleich wurde in der DE-P 199 28 482 gezeigt. Die korrigierten Signale U# sind offsetbereinigt.

$$U\#sin(1) = Usin(1) - Osin(1) = A1 \cdot \sin(w1)$$

$$U\#cos(1) = Ucos(1) - Ocos(1) = A1 \cdot \cos(w1)$$

$$U\#sin(3) = Usin(3) - Osin(3) = A3 \cdot \sin(w3)$$

$$U\#cos(3) = Ucos(3) - Ocos(3) = A3 \cdot \cos(w3)$$

Die Winkeldifferenz w1 - w3 ist gesucht. Durch analoge elektronische Operationen (Multiplikation, Subtraktion, Komparation), oder durch Verarbeitung auf digitaler Ebene kann die Differenz wie folgt bestimmt werden:

$$U\#sin(1) \cdot U\#cos(3) - U\#cos(1) \cdot U\#sin(3) = A1 \cdot \sin(w1) \cdot A3 \cdot \cos(w3) - A1 \cdot \cos(w1) \cdot A3 \cdot \sin(w3) = A1 \cdot A3 \cdot \sin(w1 - w3)$$

Für kleine Winkel gilt:  $\sin(w1 - w3) = w1 - w3$  mit 0,1% relativem Fehler im Winkelintervall (-4,4° bis +4,4°) in Grad oder (-0,077 bis +0,077) in rad.

Somit ist die Winkeldifferenz

$$w1 - w3 = (U\#sin(1) \cdot U\#cos(3) - U\#cos(1) \cdot U\#sin(3)) / (A1 \cdot A3)$$

Diese Auswertungsmethode ist sehr empfindlich auf kleinste Winkeldifferenzen. Durch die oben beschriebene Prozedur kann direkt aus der Winkeldifferenz das Moment bestimmt werden. Ein anderer Ansatz wäre durch eine geschlossene Regelschleife die Differenz auf Null zu regeln. Die Regelgröße entspräche der Winkeldifferenz.

Bemerkungen:

1) Auch eine andere Kombination der Signale ist möglich, die sollte auch zu einem Sinus der Winkeldifferenz führen.

2) Die Winkeldifferenz könnte man auch durch Differenz von zwei Absolutwinkelgebern erreichen. Dazu bräuchte man 4 Sensoren und 4 Multipolringe und die Methode würde zu hohe Anforderungen an die absoluten Winkelmessungen stellen. In diesem Fall liegt die Differenz zweier großen Winkelwerte vor.

## Selbstdiagnose

## Absolutwinkel

- 5 Für den Absolutwinkel wird die bekannte Methode des modifizierten Noniusprinzips angewandt. Die Verfolgung der ganzen Zahl  $k$  (erlaubte/nicht erlaubte) Sprünge ermöglicht eine Fehlererkennung und die Implementierung einer Rückzugsstrategie.

## Drehmoment

- 10 – Übersteigt die Winkeldifferenz den maximal zulässigen Bereich, z. B.  $\pm 4^\circ$ , so wird eine Fehlermeldung abgegeben. Z. B. bei Überlast wird von der Systemseite nicht mehr eingegriffen.  
 – Die neu zu berechnende Differenz  $(U\#\cos(1) \cdot U\#\cos(3) + U\#\sin(1) \cdot U\#\sin(3))/(A1 \cdot A3)$  darf nicht mehr als 0,5% von 1 abweichen ( $\cos^2(4^\circ) = 0,995$ ).  
 15 – Eine andere Alternative wäre den Ausdruck  $(U\#\sin(3) \cdot U\#\sin(3) + U\#\cos(3) \cdot U\#\cos(3))/(A3 \cdot A3)$  auf eine Abweichung von 0,5% von 1 zu überprüfen. Gleichzeitig darf die ganze Zahl  $k$  keine unerlaubten Sprünge ausführen.

Nachfolgend wird insbesondere die Vorrichtung zur berührungslosen und optischen Messung eines Winkels und/oder eines Drehmoments gemäß der Fig. 12 näher erläutert. Wie der Fig. 12 entnehmbar ist, sind an einem drehbaren Körper 3 die beiden Einrichtungen 7 und 8 angeordnet. Der drehbare Körper 3 ist vorzugsweise als Lenkachse in einem Kraftfahrzeug ausgebildet und weist ein Torsionselement 5 auf, mit dem ein auf der Lenkachse 3 wirkendes Drehmoment messbar ist. An den beiden Enden des Torsionselementes 5 sind die beiden Einrichtungen 7, 8 angeordnet, so dass bei Einwirkung eines Drehmomentes auf das Torsionselement 5 ein unterschiedlicher Drehwinkel als Winkeldifferenz  $\Theta - \Psi$  messbar ist.

25 Die beiden Einrichtungen 7, 8 weisen jeweils zwei Codespuren 1a, 1b bzw. 2a, 2b auf. Die Codespuren sind bezüglich der Breite ihrer benachbarten Felder gleichartig aufgebaut, haben jedoch über ihren Umfang gerechnet unterschiedliche Anzahlen von Markierungen 9. Beispielsweise hat die Codespur 1a 45 Markierungen 9, die Codespur 1b hat 50 Markierungen 9, die Codespur 2a hat 44 Markierungen 9 und die Codespur 2b hat 48 Markierungen 9 über ihren Umfang verteilt. In alternativer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, auch ein Vielfaches dieser Markierungen 9 über den Umfang gerechnet vorzusehen. Jeweils zwei benachbarte Markierungen bzw. Felder 9 unterscheiden sich bezüglich ihrer Lichtintensität, ihrer Farbe und/oder ihrer Größe. Vorzugsweise sind sie als Hell-Dunkel-Felder ausgebildet, so dass sich scharfe und kontrastreiche Hell-Dunkel-Übergänge ergeben. Um den Kontrast zu vergrößern, sind Beleuchtungskörper 6 vorgesehen, die zu den Einrichtungen 7, 8 so angeordnet sind, dass sie das von den Markierungen 9 reflektierte Licht in zugeordnete Sensoren 4 werfen. Wie der Fig. 12 weiter entnehmbar ist, ist jeder Codespur 1a, 1b, 2a, 2b ein Sensor 4 zugeordnet, der im wesentlichen nur das reflektierte Licht der zugeordneten Codespur empfängt. Der Sensor 4 wandelt das empfangene Lichtsignal in gleichförmige elektrische Signale um, die als digitales Signal S1a, S1b, S2a und S2b am Ausgang der Sensoren 4 abgreifbar sind und einer nicht dargestellten Auswerteschaltung zugeführt werden.

Als erfindungswesentlich wird angesehen, dass die Markierungen 9 der Codespuren 1a, 1b bzw. 2a, 2b gleichförmig ausgebildet sind. Jeweils beide Codespuren 1a, 1b bzw. 2a, 2b der Einrichtungen 7, bzw. 8 sind exakt aufeinander abgestimmt und weisen einen relativen Phasenversatz auf. Dieser Phasenversatz wirkt sich auch im elektrischen Signal S1a, S1b, S2a, S2b aus, wie in Fig. 12 durch die gestrichelt dargestellten Linien erkennbar ist. So wird der Versatz von einem Impuls zum nächsten Impuls mit größer werdendem Drehwinkel immer größer, so dass diese Differenz mit einem standardgemäßen oder insbesondere mit dem bekannten modifizierten Noniusverfahren, das auch aus der DE 195 06 938 A1 bekannt ist, ausgewertet wird.

45 Zu beachten ist, dass die kleinste Einheit einer Markierung 9 insbesondere durch den Hell-Dunkel-Übergang bestimmt wird. Je besser der Kontrast dieser Übergänge ist, um so geringer ist die Störempfindlichkeit und die Wahrscheinlichkeit von auftretenden Messfehlern. Um die Störanfälligkeit zu verringern, wird vorzugsweise eine umschließende Verkapselung 10 vorgesehen, die möglichst dicht abschließend den drehbaren Körper 3 umgibt.

Wie zuvor dargelegt wurde, wurden für die vier Codespuren 1a, 1b, 2a und 2b jeweils 44 bis 50 Markierungen 9 gewählt, um möglichst mit dem modifizierten Noniusverfahren eine hohe Messgenauigkeit und Winkelauflösung für den Drehwinkel zu erreichen. Bei dieser Wahl der Markierungen 9 wiederholen sich die Messwerte aus den Spuren 1a, 1b fünf Mal pro Umfang und bei der Spuren 2a, 2b vier Mal pro Umfang. Werden diese Messwerte erneut dem modifizierten Noniusverfahren unterworfen, ergibt sich ein Messwert, der über den gesamten Umfang ( $2\pi$ ) eindeutig ist. Somit wird eine hohe Auflösung für den Winkel erreicht, die sich aus der großen Teilungszahl ergibt. Gleichzeitig wird ein Eindeutigkeitsbereich von einer vollen Umdrehung erreicht. Das modifizierte Noniusverfahren erlaubt, ohne die Genauigkeit zu verringern, dass zwischen den ersten Codespuren 1a, 1b und den zweiten Codespuren 2a, 2b ein Differenzwinkel vorhanden sein kann. Dieser Differenzwinkel kann beispielsweise auch aus dem Verdrehen des Torsionsstabes 5 resultieren. Wird der Differenzwinkel  $\Theta - \Psi$  entsprechend der beiden Einrichtungen 7, 8 gemessen, dann kann bei bekannter Torsionssteifigkeit des Torsionselementes 5 zusätzlich zum Drehwinkel auch das durch die Lenkachse 3 übertragene Drehmoment ermittelt werden.

60 In alternativer Ausgestaltung der Erfindung sind eine oder mehrere weitere optische Codespuren einer dritten Einrichtung vorsehbar, wie sie zuvor im Zusammenhang mit den magnetischen Einrichtungen beschrieben wurden.

## Patentansprüche

- 65 1. Vorrichtung zur Messung des Winkels und/oder der Winkelgeschwindigkeit eines drehbaren Körpers (10), mit zumindest ersten (12, 20; 12, 24) und zweiten (14, 22; 14, 26) Einrichtungen, die ansprechend auf eine Drehung des Körpers (10) unterschiedliche Signale an eine Auswerteschaltung ausgeben, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeweils



dem drehbaren Körper (10) und einem ortsfesten Teil der Vorrichtung als ein Bestandteil jeder Einrichtung (12, 20; 12, 24; 14, 22; 14, 26) eine felderzeugende (20, 22) und/oder veränderte (24, 26) bzw. eine auf das erzeugte und/oder veränderte Feld ansprechende (12, 14) Anordnung zugeordnet ist und zusätzlich noch eine Messung des auf den drehbaren Körper wirkenden Drehmomentes erfolgt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die auf das Feld ansprechende Anordnung eine felderzeugende und/oder -verändernde Anordnung (29, 22, 24, 26) enthält.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Feldflußleitelement (32, 34, 36) vorgesehen ist, insbesondere zur Bildung geschlossener Feldlinien.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der felderzeugende (20, 22) und/oder verändernden (24, 26) Anordnungen ein sich periodisch veränderndes Feld, insbesondere elektrisches und/oder Magnetfeld bereitstellt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der felderzeugenden (20, 22) und/oder verändernden (24, 26) Anordnungen peripher umlaufend bezüglich dem drehbaren Körper (10) ausgebildet ist, insbesondere an diesem festgelegt oder diesem integriert ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der felderzeugenden (20, 22) und/oder -verändernden (24, 26) Anordnungen ein sich in radialer Richtung veränderbares Feld, insbesondere Magnetfeld und/oder elektrisches Feld bildet.

7. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der felderzeugenden (20, 22) und/oder -verändernden (24, 26) Anordnungen ein sich in axialer Richtung veränderbares Feld, insbesondere Magnetfeld und/oder elektrisches Feld bildet.

8. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zwei felderzeugende (20, 22) und/oder -verändernde (24, 26) Anordnungen vorgesehen sind, die unterschiedliche Felder bilden, insbesondere eine unterschiedliche Feldpolzahl definieren, die insbesondere um eins unterschiedlich ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der felderzeugenden (20, 22) und/oder -verändernden (24, 26) Anordnungen als Multipolrad bzw. -ring ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die feldverändernde(n) Anordnung(en) (24, 26) in der Form einer Stanz-, Schlitz- oder Lochscheibe bzw. eines Stanz-, Schlitz- oder Lochringes ausgebildet ist/sind.

11. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der auf das Feld ansprechenden Anordnungen (12, 14) zumindest zwei Feldsensoren enthält, insbesondere um eine Viertelperiode des durch die entsprechende felderzeugende (20, 22) und/oder -verändernde (24, 26) Anordnung gebildeten periodischen Feldes, insbesondere elektrischen Feldes und/oder Magnetfeldes beabstandet.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (12a, 12b, 14a, 14b) Signale über eine Brückenschaltung, insbesondere eine Wheatstone'sche Brückenschaltung ausgeben.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Sensor (12a, 12b, 14a, 14b) mit einer Teilbrückenschaltung, insbesondere einer Halbbrücke der Brückenschaltung verbunden ist.

14. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche als Lenkradwinkelgeber, wobei zumindest zwei felderzeugende (20, 22) und/oder -verändernde (24, 26) Anordnungen als Codespuren, insbesondere magnetische Codespuren der Lenkwelle (10) zugeordnet sind.

---

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

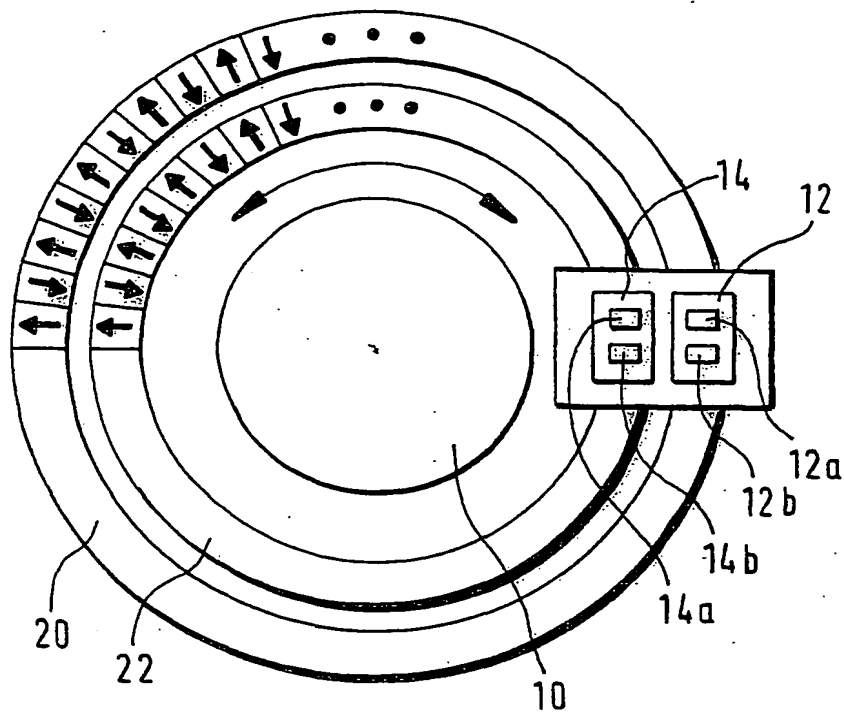


Fig. 1a

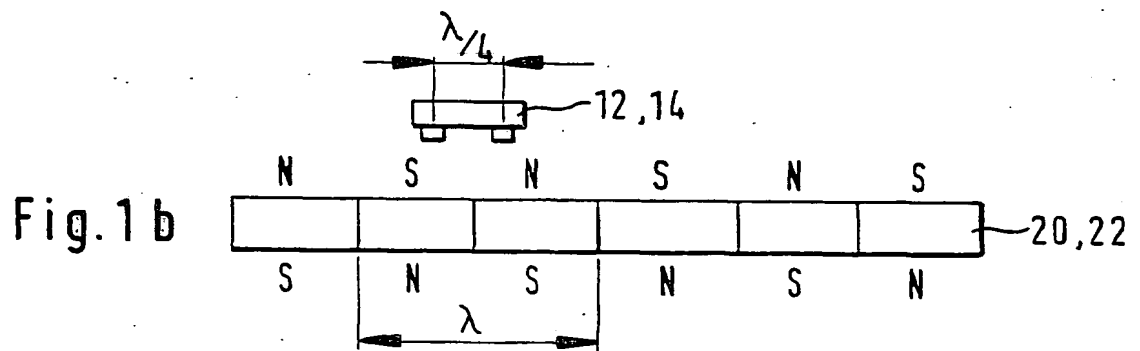


Fig. 1b

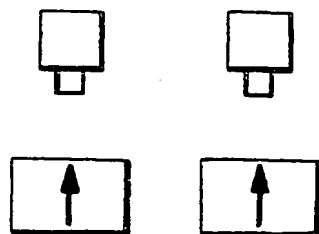


Fig. 1c

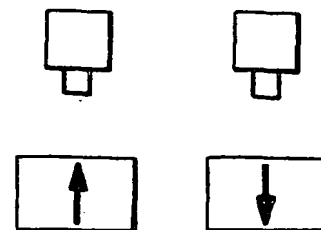


Fig. 1d

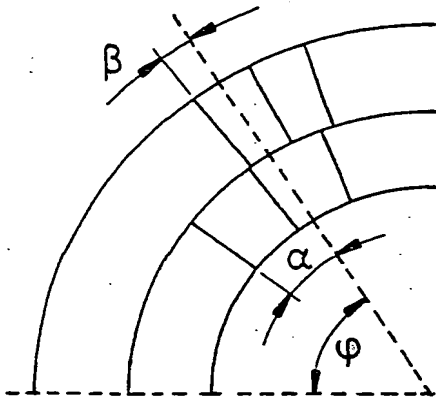


Fig. 1e

Fig. 2a

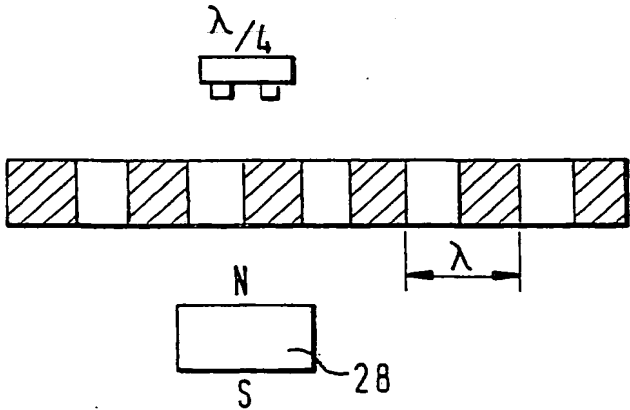
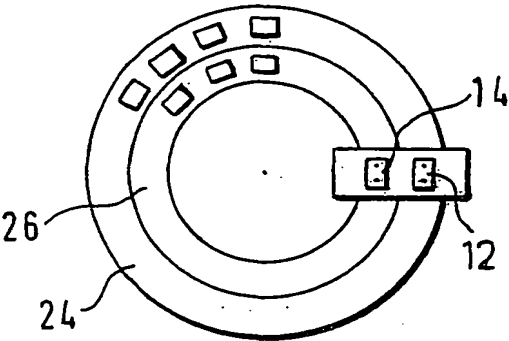


Fig. 2b

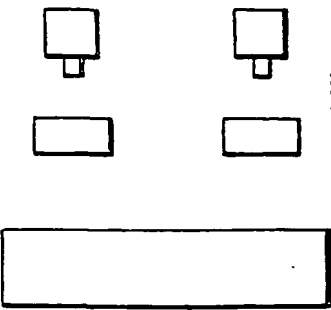
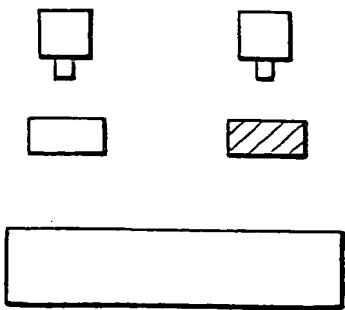


Fig. 2c

Fig. 2d



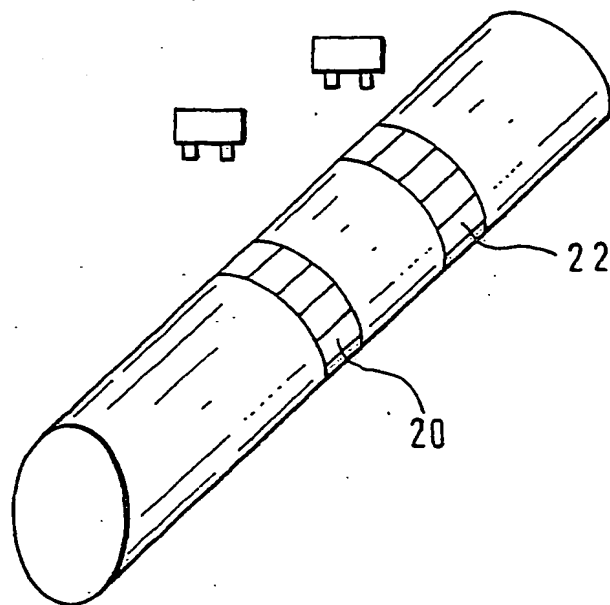


Fig. 3

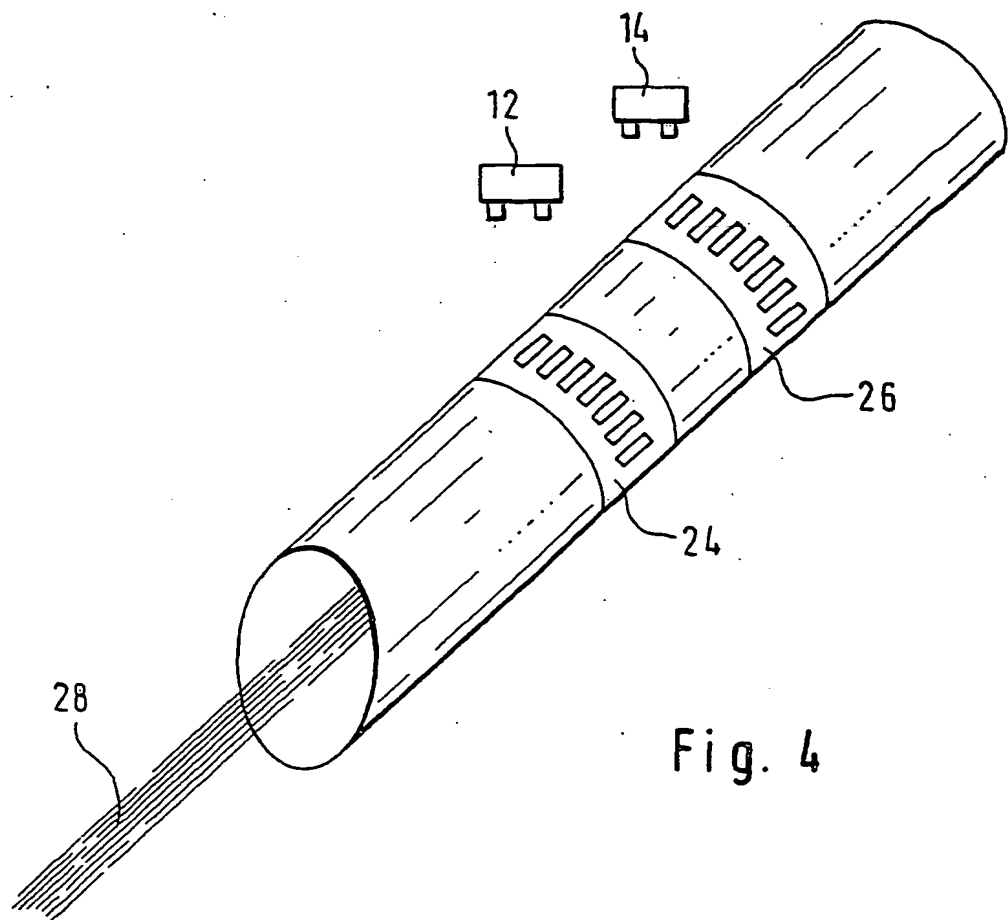


Fig. 4

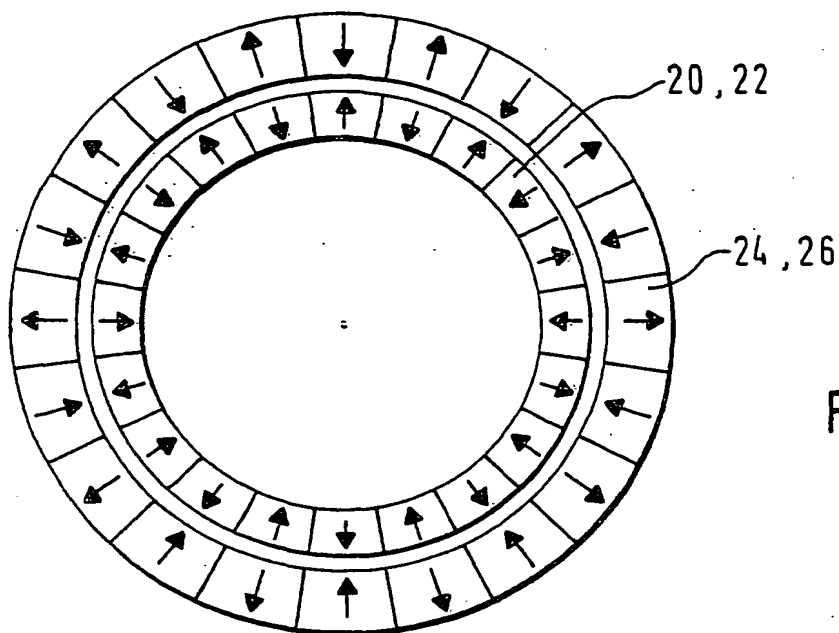


Fig. 5a

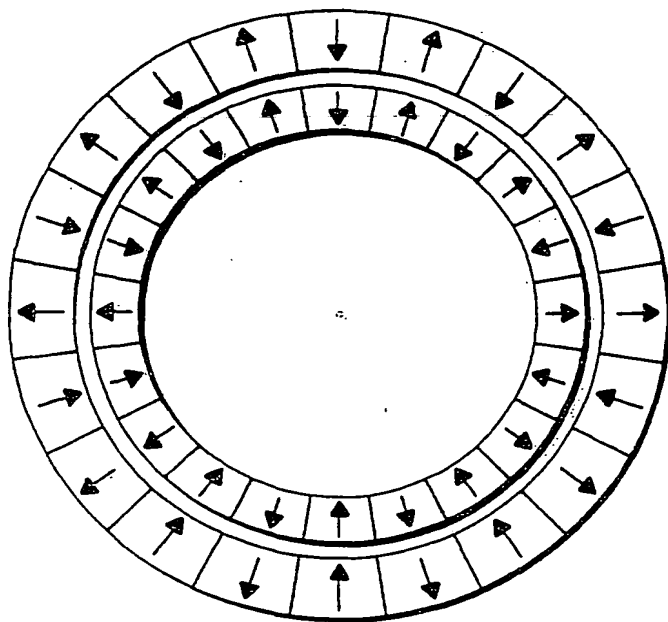
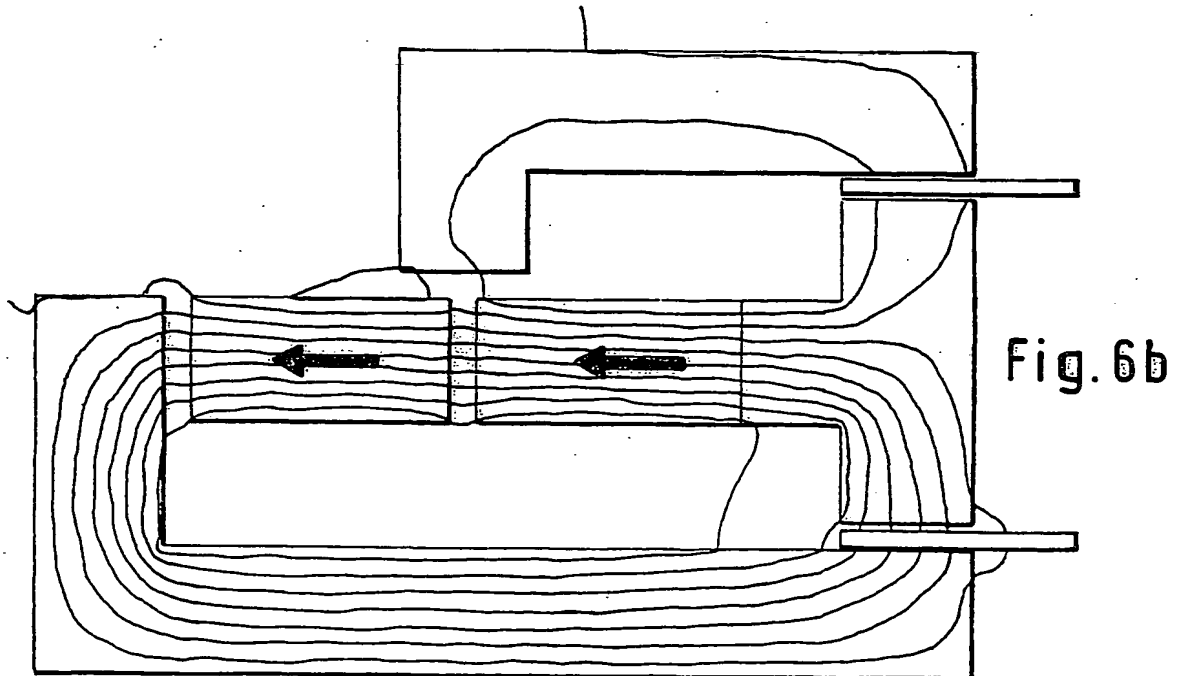
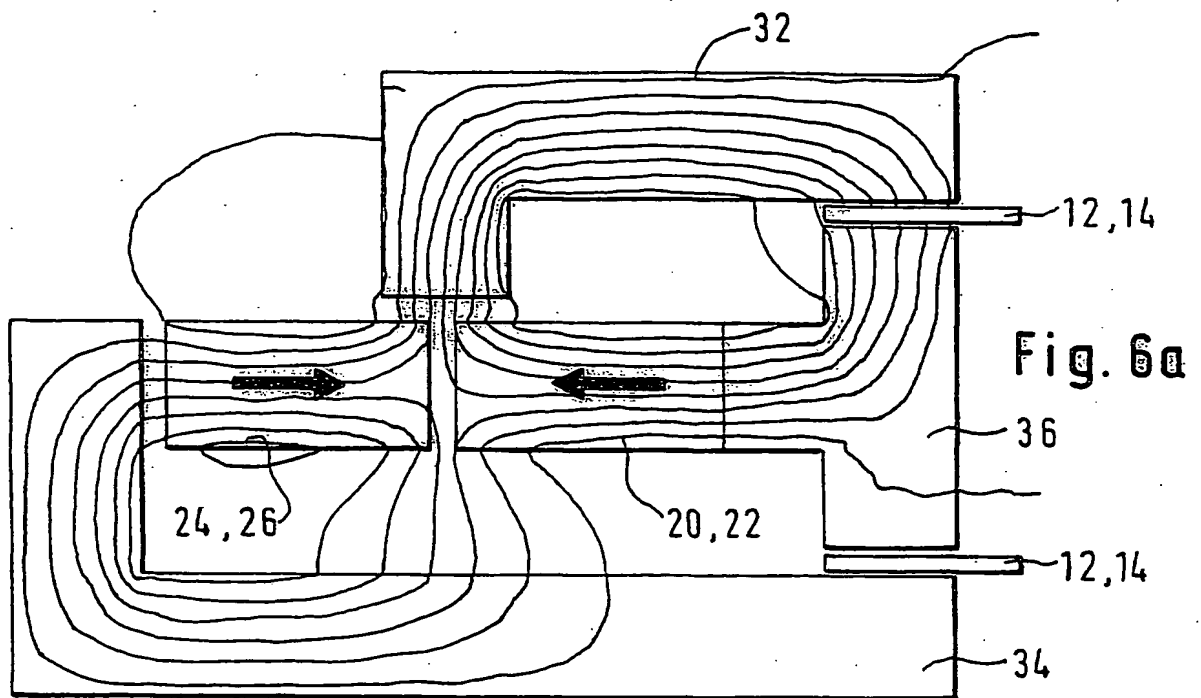


Fig. 5b



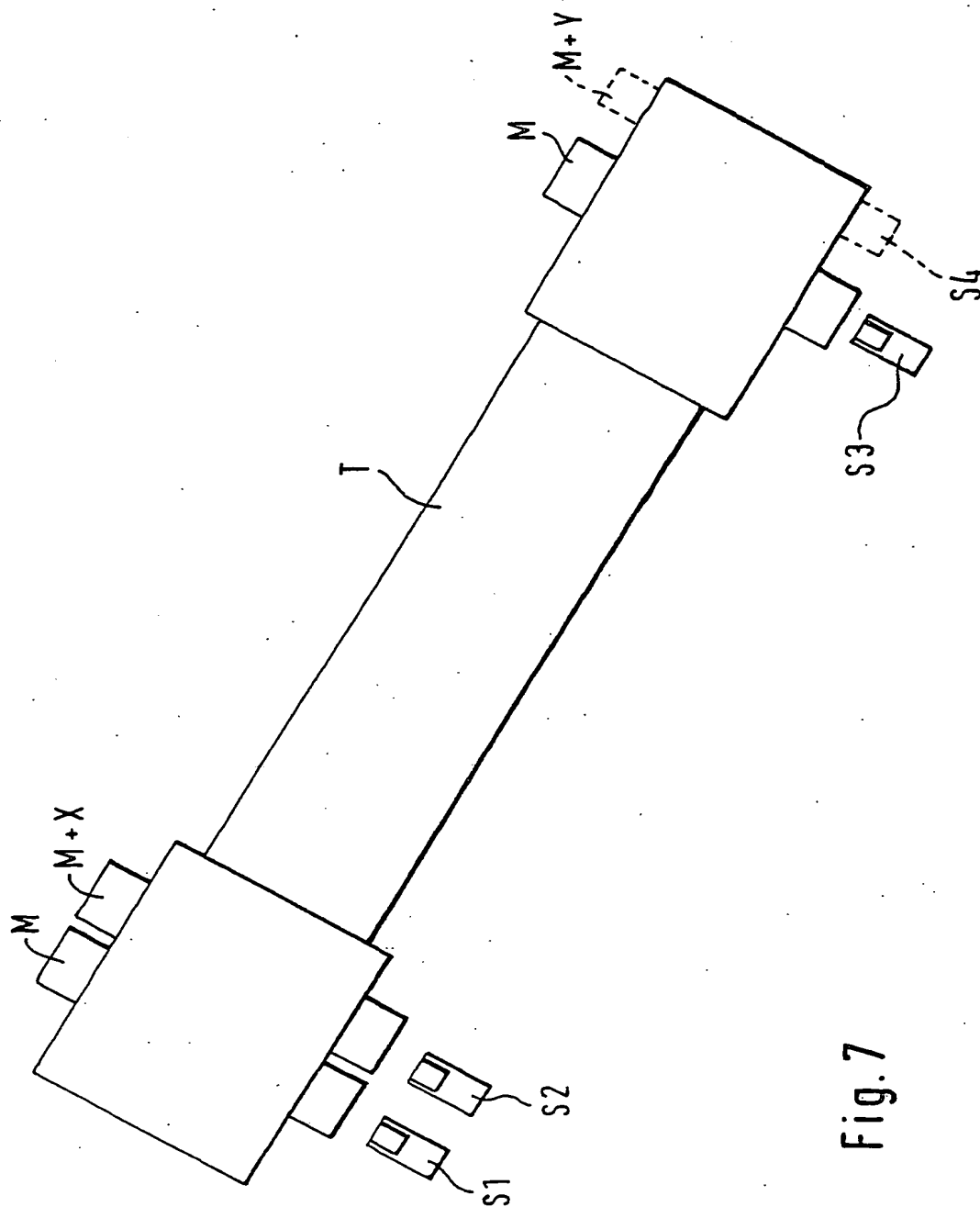


Fig. 7



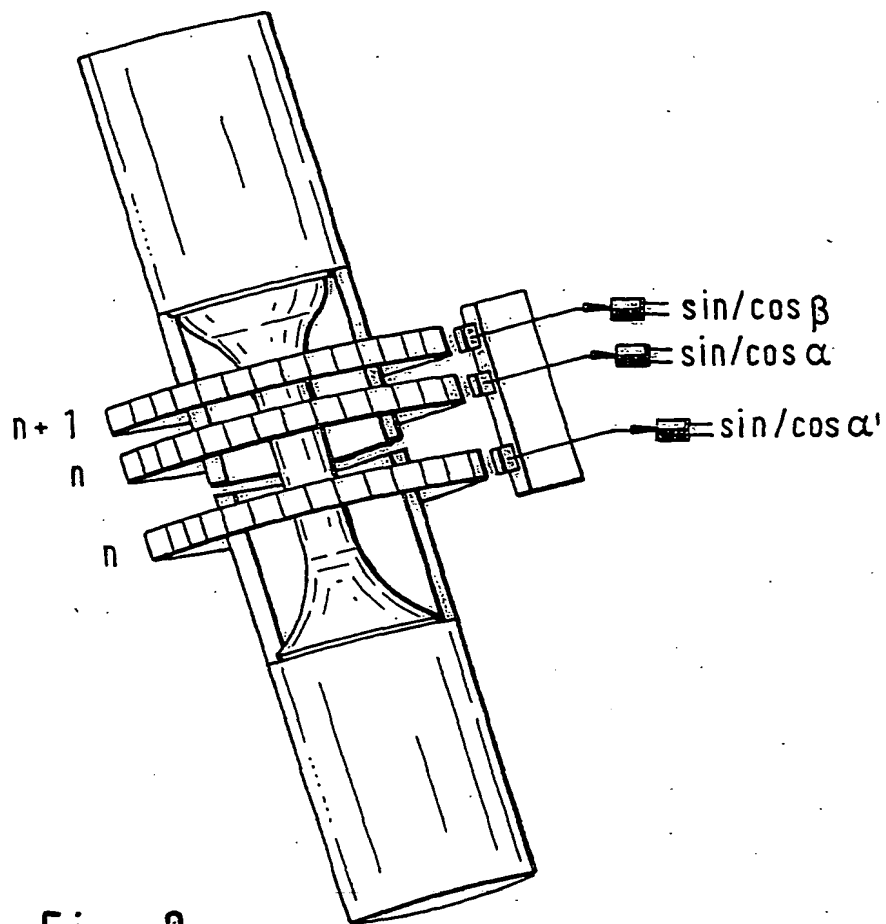


Fig. 8

Variationen :  $\left. \begin{matrix} n+1 \\ n \end{matrix} \right\}$  erweiterter Nonius

$\left. \begin{matrix} n+2 \\ n+1 \\ n \end{matrix} \right\}$  erweiterter Nonius

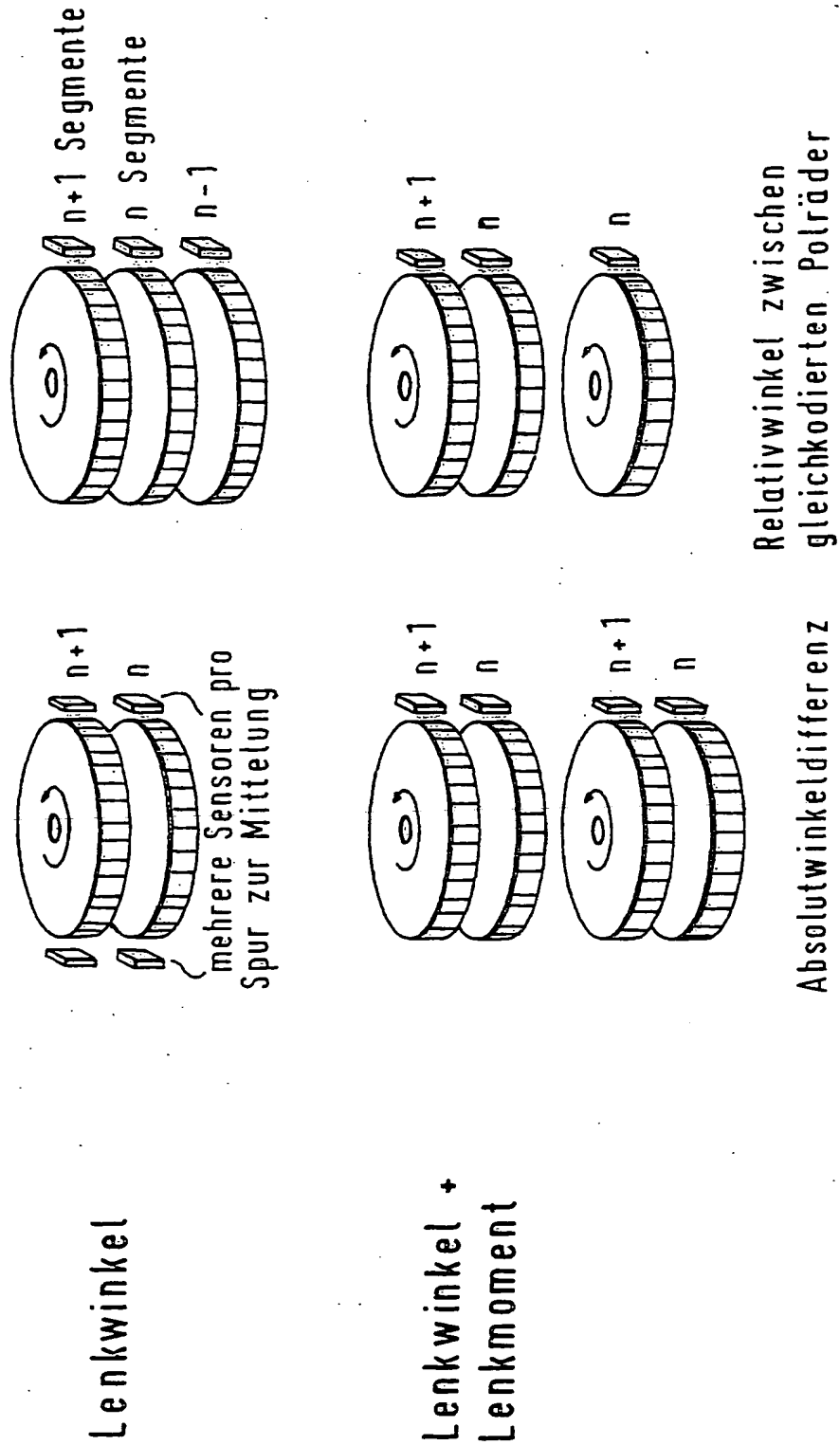


Fig. 9

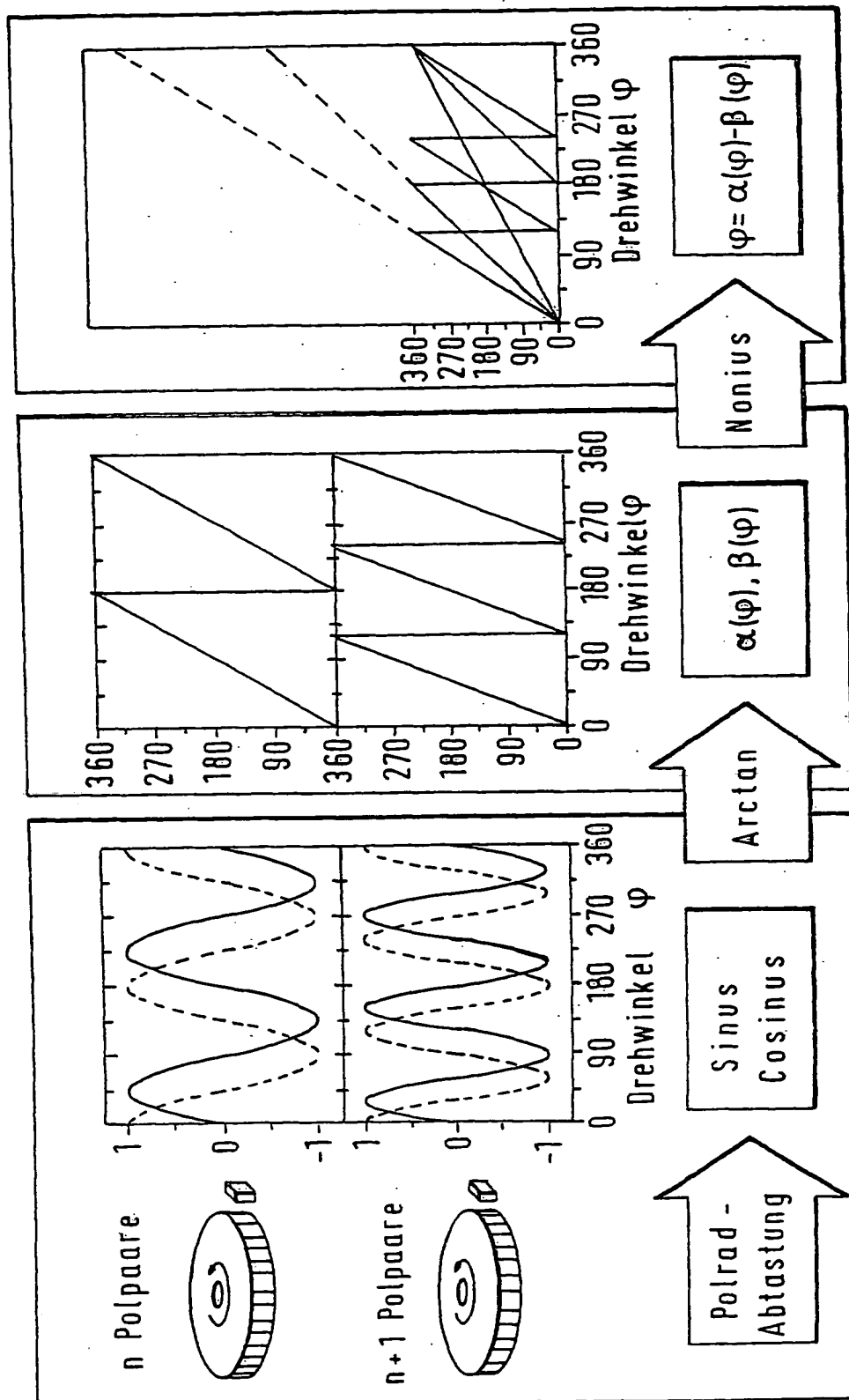


Fig. 10

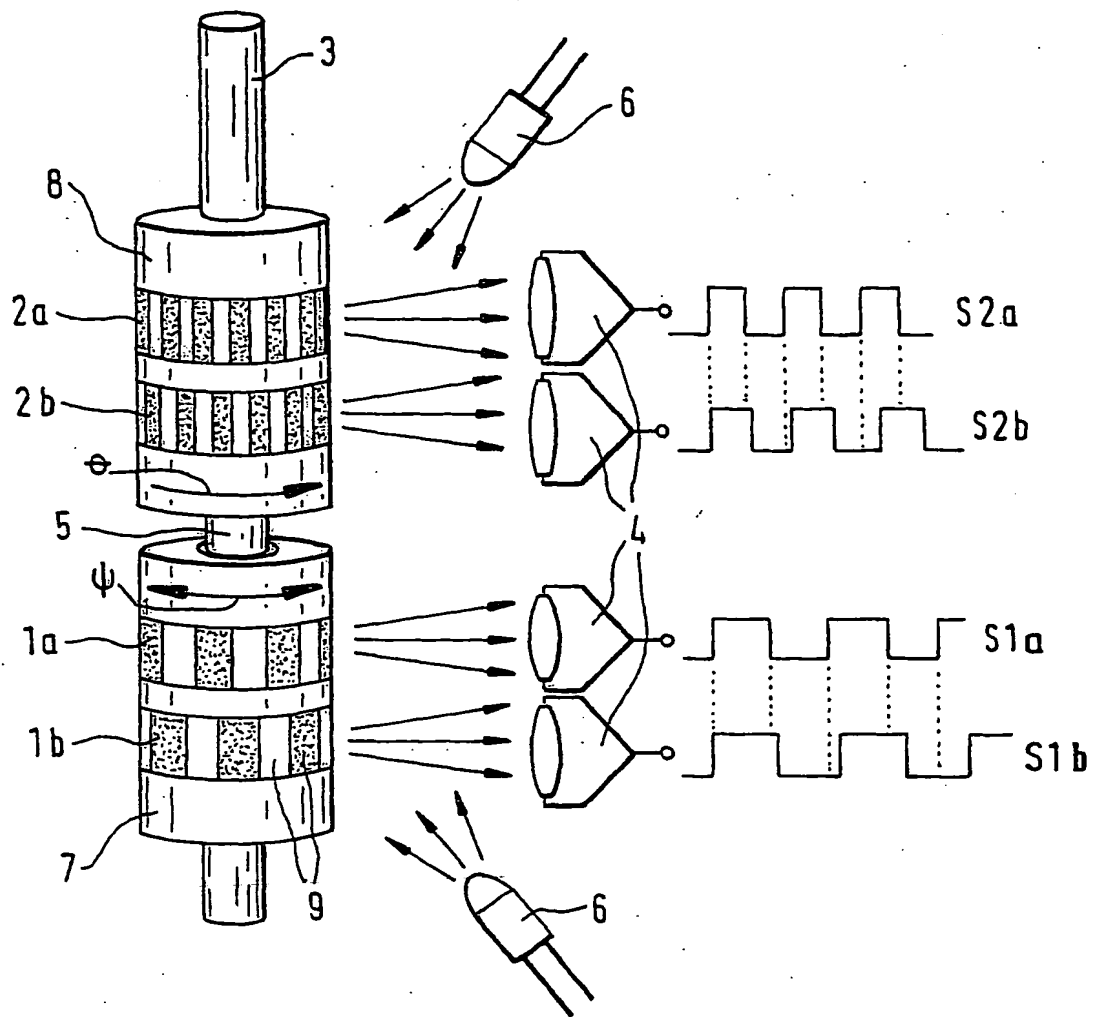


Fig. 11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☒ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**